



Actividad experimental de I+D+i en
ingeniería hidráulica en España

IV SEMINARIO SOBRE LÍNEAS PRIORITARIAS

- A. Criterios hidromorfológicos para la restauración de espacios fluviales
- B. Hidrodinámica de embalses. Gestión sostenible de embalses
- C. Riesgo asociado a la escorrentía urbana
- D. Seguridad de presas. Aspectos hidrológicos e hidráulicos

E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, 9 de Junio de 2011



SEMINARIO MADRID. JUNIO 2011

Índice

1. COMUNICACIONES LÍNEA PRIORITARIA A

CRITERIOS HIDROMORFOLÓGICOS PARA LA RESTAURACIÓN DE ESPACIOS FLUVIALES

- 1.1 Análisis mediante modelación matemática de la interacción en avenida del río Duero con el puente medieval de San Esteban de Gormaz y diseño de las actuaciones protectoras (Soria)** (*Beatriz Nácher, Pedro Millán, Eduardo Albetosa, Ignacio Andrés, Francisco J. Vallés; Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia*)..... 5
- 1.2 Análisis de sensibilidad e incertidumbre de un modelo bidimensional de contaminación bacteriana** (*María Bermúdez, Luis Cea, Jerónimo Puertas, Luis Pena; Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente. Universidad de A Coruña. GEAMA. Universidad de Coruña*) 6
- 1.3 Calibración sedimentológica del modelo físico del meandro de Quinzanas** (*David López, María Isabel Berga, Alba González; Centro de Estudios Hidrográficos. CEDEX, Georgina Corestein, Ernest Bladé; Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya, Juan Antonio Martín; Confederación Hidrográfica del Cantábrico*) 7
- 1.4 Diseño de soluciones de protección frente a avenidas mediante modelización numérica** (*Ignacio Fraga, Luis Cea, Luis Pena, Jerónimo Puertas, José Piñero, Ignacio Maestro, Eugenia Calvo; Universidade de A Coruña*)..... 9
- 1.5 Simulación hidrológica agregada y distribuida, y evaluación del transporte de sedimentos en zonas semiáridas** (*María Dolores Marín Martín, Luis G. Castillo Elsitdié; Grupo de I+D+i Hidr@m. Universidad Politécnica de Cartagena*) 10
- 1.6 Implementación del transporte de madera (woody debris) en la simulación hidráulica bidimensional de ríos** (*Virginia Ruiz; Área de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, E. Bladé, M. Sánchez Juny; Grupo de Investigación FLUMEN. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Cataluña, J.M. Bodoque del Pozo; Departamento de Ingeniería Geológica y Minera de la Universidad de Castilla-La Mancha, A. Díez Herrero; Área de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid* 11
- 1.7 Estudio numérico del transporte de sedimentos en el Meandro de Quinzanas** (*Georgina Corestein, Ernest Bladé; Instituto mixto Flumen Universidad Politécnica de Cataluña*) 13

2. COMUNICACIONES LÍNEA PRIORITARIA B

HIDRODINÁMICA DE EMBALSES. GESTIÓN SOSTENIBLE DE EMBALSES

- 2.1 Influencia de la resuspensión de los sedimentos de embalses en su demanda de oxígeno disuelto** (*Miguel Martín, Carmen Hernández; IIAMA. Universidad Politécnica de Valencia*) 16

COMUNICACIONES LÍNEA PRIORITARIA A
**CRITERIOS HIDROMORFOLÓGICOS PARA LA RESTAURACIÓN DE ESPACIOS
FLUVIALES**

IMPLEMENTACIÓN DEL TRANSPORTE DE MADERA (WOODY DEBRIS) EN LA SIMULACIÓN HIDRAULICA BIDIMENSIONAL DE RÍOS

V. Ruiz ⁽¹⁾, E. Bladé ⁽²⁾, M. Sánchez Juny⁽²⁾, J.M. Bodoque del Pozo⁽³⁾, A. Díez ⁽¹⁾

(1) Área de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid

(2) Grupo de Investigación FLUMEN. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona

(3) Departamento de Ingeniería Geológica y Minera de la Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La presencia y el transporte de restos de vegetación (*woody debris*) en los ríos influyen sobre varios aspectos de la dinámica fluvial (Montgomery, 2003). Desde un punto de vista hidrogeomorfológico, la acumulación y depósito de *woody debris* en el cauce puede originar cambios en el trazado del mismo, así como modificar la capacidad de transporte del flujo y por lo tanto la sedimentación y la erosión. Desde un punto de vista ecológico, las grandes acumulaciones de estos materiales (*woody jams*) pueden generar la formación de pequeños ecosistemas y mejorar las condiciones para el equilibrio de ciertas especies. Pero es sin duda, desde el punto de vista de su peligrosidad por su transporte durante las avenidas e inundaciones uno de los aspectos más relevantes. Sin embargo son muy pocos los estudios que se han llevado a cabo para incorporar este fenómeno en los estudios de peligrosidad y riesgo por inundaciones (Mazzorana et al., 2011), y actualmente no existe en el mercado ninguna herramienta que permita simular conjuntamente con la hidrodinámica y otros procesos fluviales (transporte de sedimentos, turbulencia etc.) el transporte de *woody debris*.

Por lo tanto, uno de los objetivos de este trabajo es desarrollar un modelo numérico implementado en el modelo bidimensional IBER (desarrollado conjuntamente por el CEDEX, el CIMNE, el GEAMA de la UdC y el grupo de Investigación Flumen de la UPC) para la simulación del transporte de madera en ríos.

ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO DE WOODY DEBRIS

El inicio del movimiento de una pieza de madera (suponiendo ésta como un cilindro) situada en un cauce se determina mediante el análisis de las fuerzas que actúan sobre él. Por un lado, la fuerza gravitacional (F_g) y la fuerza de arrastre (F_d) que facilitan el movimiento:

$$F_g = F_w \cdot \sin \alpha = (g \cdot \rho_w \cdot L_w \cdot A_w - g \cdot \rho \cdot L_w \cdot A_{sub}) \cdot \sin \alpha$$
 siendo F_w el peso, g la gravedad, α la pendiente, ρ la densidad del agua y A_w el área del tronco.

$F_d = -U^2 / 2 \cdot \rho_w \cdot C_d \cdot (L_w \cdot h \cdot \sin \theta + A_{sub} \cdot \cos \theta)$ donde A_{sub} es el área

sumergida del tronco: $A_{sub} = [2 \cdot \cos^{-1}(1 - 2 \cdot h / D_w) - \sin(2 \cdot \cos^{-1}(1 - 2 \cdot h / D_w))] \cdot D_w^2 / 8$

Y por otro lado la fuerza de rozamiento o fricción (F_f) que se opone al movimiento:

$$F_f = F_n \cdot \mu_{bed} = F_w \cdot \cos \alpha \cdot \mu_{bed} = (g \cdot \rho_w \cdot L_w \cdot A_w - g \cdot \rho \cdot L_w \cdot A_{sub}) \cdot \mu_{bed} \cdot \cos \alpha$$

La velocidad del flujo correspondiente a $F_g + F_d / F_f = 1$ se denomina velocidad límite o umbral de

$$\text{inicio del movimiento: } U_{lim}^2 = \frac{(g \cdot \rho_w \cdot (\pi \cdot L_w \cdot D_w^2 / 4) - (g \cdot \rho \cdot A_{sub} \cdot L_w)) \cdot (\mu_{bed} \cdot \cos \alpha - \sin \alpha)}{(0.5 \cdot C_d \cdot \rho \cdot (L_w \cdot h \cdot \sin \theta + A_{sub} \cdot \cos \theta))}$$

Así en función de la densidad de la madera (ρ_w), su longitud (L_w) y diámetro (D_w), el ángulo que forma con respecto al flujo (θ), las condiciones hidrodinámicas del flujo (calado (h) y campo de velocidades) y unos coeficientes de fricción con el lecho y de arrastre (μ_{bed} y C_d) una pieza de madera iniciará su movimiento y se desplazará, bien por flotación (a la misma velocidad que el agua) o si se supera la velocidad límite, por rodadura o arrastre de fondo (a una velocidad diferente a la del agua).

RESULTADOS PRELIMINARES

Los resultados obtenidos hasta el momento permiten simular y analizar el transporte de piezas individuales de diferentes características desplazándose mediante los diferentes regimenes de movimiento: flotación, rodadura o arrastre (un ejemplo se muestra en la Figura 1).

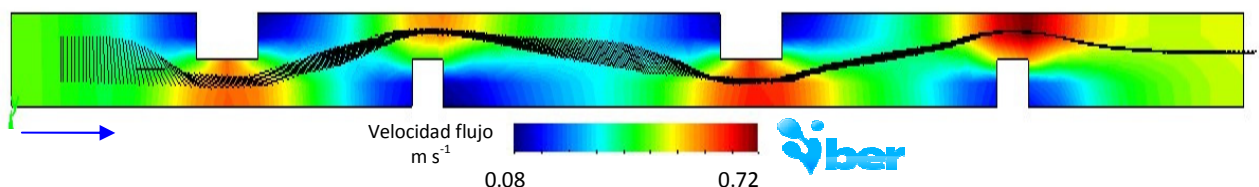


Figura 1: Una pieza de madera colocada perpendicular al flujo comienza a moverse por flotación y se va orientando en función del campo de velocidades hasta la posición más favorable hidrodinámicamente, paralela a la corriente (las líneas negras representan la trayectoria del tronco).

Se está trabajando actualmente en la interacción entre varios *woody debris*, y entre estos y obstrucciones en el cauce o secciones críticas, como puentes, y su influencia en la hidrodinámica, especialmente el aumento en el calado, modificación en la rugosidad y variaciones en el campo de velocidades. Todo esto permitirá incorporar el transporte de *woody debris* al análisis de peligrosidad y riesgo por inundación.

Referencias Bibliográficas:

- Mazzorana, B., Hübl, J., Zischg, A., Largiader, A. (2011). Modelling woody material transport and deposition in alpine rivers. *Natural Hazards* 56, 425-449.
- Montgomery, D. (2003). Wood in rivers: interactions with channel morphology and processes. *Geomorphology*, 51, 1-5.